

Ruppersberg, Klaus; Proske, Wolfgang

Spülmaschinentabs im Chemieunterricht – Verständnis schaffen für ein hochkompliziertes alltägliches Chemieprodukt

formal überarbeitete Version der Originalveröffentlichung in:

formally revised edition of the original source in:

Chemie in unserer Zeit 53 (2019) 3, S. 180-186



Bitte verwenden Sie in der Quellenangabe folgende URN oder DOI /

Please use the following URN or DOI for reference:

urn:nbn:de:0111-pedocs-199771

10.25656/01:19977

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-199771>

<https://doi.org/10.25656/01:19977>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Spülmaschinentabs im Chemieunterricht – Verständnis schaffen für ein hochkompliziertes alltägliches Chemieprodukt

Klaus Ruppertsberg, Kiel

Wolfgang Proske, Zahna-Elster

Vorspann: Spülmaschinentabs sind in fast jedem Haushalt vorhanden und chemisch hochinteressant, aber im kontextorientierten experimentellen Chemieunterricht haben sie bislang noch keine ausreichende Würdigung erfahren. Der vorliegende Artikel will dazu anregen, die Komplexität dieses hochkomplizierten Alltagsproduktes mit schulüblichen Methoden zu untersuchen und mehr Verständnis für seine Funktionsweise zu schaffen.

1 Einführung in die Problemstellung

Beinahe 70% aller deutschen Haushalte besitzen eine Geschirrspülmaschine [1], zu deren Benutzung man „Maschinengeschirrspülmittel“ (offizielle Bezeichnung) verwenden muss. Diese gibt es schon seit 1929 als Pulver [2]; populärer sind heute hingegen die „Presstücke“, die ab 1999 auf dem Markt wahrgenommen wurden (Vorläufer schon 1988) und üblicherweise als „Geschirrspültabs“ bezeichnet werden. Da bei der Verwendung dieser Tabs Phosphat in die Abwässer gelangt, das schon bei Waschmitteln zur unerwünschten Eutrophierung von Gewässern führte, wurde durch die EU festgelegt, dass diese Produkte ab dem 1.1.2017 nahezu phosphatfrei sein müssen [3, 4].

Obwohl es auch schon vorher phosphatfreie Rezepturen gab, änderten im Herbst 2016 die bekannten Hersteller (Henkel, Reckitt Benckiser, Dalli-Werke, fit, ...) und Handelsketten mit Eigenmarken (Rossmann, dm, Lidl, Aldi, Plus, Rewe, ...) die ohnehin schon komplizierten Zusammensetzungen ihrer Geschirrspültabs in besonderem Maße. Dies war einerseits an vielen neuen Produkten in den Regalen von Super- und Drogeriemärkten zu erkennen, andererseits an Artikeln, die von unbefriedigenden Ergebnissen nach Geschirrspülgängen berichteten und sich mit eigenen Erfahrungen deckten: „Glasoberflächen sind irreparabel milchig weiß getrübt oder mit Korrosionslinien bedeckt. Edelstahlbesteck und

Maschineninnenraum schillern bläulich.“ [5, 6]. Offensichtlich war es also gar nicht so einfach, das nicht mehr zulässige Phosphat aus den bewährten Rezepturen zu eliminieren und durch komplizierten Tausch zu ersetzen. Real gibt es keinen Stoff, der alle Funktionen von Phosphat in sich vereinigt: Phosphat diente in Maschinengeschirrspülmitteln u.a. als Wasserenthärter, Schmutzdispergator (verhindert Wiederanlagerung gelöster Schmutzpartikel) und Alkaliträger [7]. Der Eindruck, dass Phosphat hauptsächlich durch Citrat ersetzt worden sei, ist also nur auf den ersten Anschein richtig. Außer den Phosphatersatzstoffen enthalten moderne Geschirrspültabs ca. 30-40 weitere Substanzen, die ebenfalls Beachtung verdienen. Der hier vorliegende Artikel soll dazu anregen, die hohe Komplexität eines chemischen Alltagsproduktes im Unterricht mit schulüblichen Methoden genauer zu untersuchen und seine Funktionsweise besser verständlich zu machen. Dabei wird in diesem Artikel vornehmlich auf die „Tabs“ eingegangen, da die Pulver erheblich an Bedeutung verloren haben und nur noch einen Marktanteil von weniger als 25% besitzen.

Beide Versionen, Tabs und Pulver, enthalten gekapselte Proteasen, die beim Einatmen sensibilisierend wirken können und für sensibilisierte Menschen potente Allergene sind. Daher muss das Arbeiten mit Spülmaschinentabs unbedingt staubfrei erfolgen; vom Mörsern der Tabs oder sonstigen stauberzeugenden Methoden ist abzusehen. Entgegen einer Vorläuferversion dieses Artikels beginnen die Experimente nun mit dem Übergießen eines Tabs mit 60 °C heißem Wasser.

2 Herangehensweise und Informationsbeschaffung

Wer Spülmaschinentabs experimentell untersuchen möchte, sollte sich vorher erkundigen, mit welchen (Gefahr-) Stoffen zu rechnen ist. Glücklicherweise lässt sich ein Teil der nötigen Informationen mit etwas Hartnäckigkeit aus dem Internet beschaffen: Gemäß EU-Verordnung 648/2004 sind die Bestandteile von Geschirrspülmitteln deklarationspflichtig. Über die Homepage des Herstellers oder des Markennamens des Produkts gelangt man zu Dokumenten wie in Abb. 1 dargestellt [8]. (Mit einer simplen Eingabe in Suchmaschinen konnte der Autor keine der gewünschten Unterlagen erhalten.) Die deutsch-englisch-lateinische Schreibweise resultiert aus der Tatsache, dass hier ähnlich wie auf Kosmetikprodukten die INCI-Nomenklatur angewendet wird (*International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*).

Inhaltsstoffangabe nach Detergenzienverordnung ((EC) No 648/2004)

- SODIUM CITRATE
- SODIUM CARBONATE
- SODIUM CARBONATE PEROXIDE
- (1-HYDROXYETHYLIDEN)BISPHOSPHONSÄURE, NATRIUMSALZ
- DINATRIUMDISILICAT
- SODIUM CITRATE
- CP ACRYLAMIDOSULFONSÄURE, NA-SALZ
- AQUA
- SODIUM SULFATE
- TAED
- POLYETHYLENGLYKOL MG 4000
- C10-12 ALKYLETHER & DODECANDIOL, 22EO
- POLYCARBOXYLAT-NA
- SODIUM POLYACRYLATE
- SODIUM BICARBONATE
- POLYGLYKOLETHER
- MODIFIZ. ALKOHOLPOLYGLYKOLETHER, EO~
- BENZOTRIAZOLE
- COLORANT
- ZINC ACETATE
- CARBOXYMETHYLCELLULOSE, NA-SALZ
- KIESELSÄURE, NATRIUMSALZ
- CITRIC ACID
- DINATRIUMPHOSPHONAT
- SODIUM ACETATE
- PROPYLENE GLYCOL
- POLYETHYLENGLYKOL MG 600000
- PARFUM
- LIMONENE
- PROTEASE
- PROTEASE
- AMYLASE

Abb.1: Inhaltsstoffangabe eines aktuellen Geschirrspültab-Produktes, Schreibweise nach INCI-Nomenklatur (siehe Text) (aus [8])

Warum eigentlich enthalten handelsübliche Spülmaschinentabs eine derart große Vielfalt von Inhaltsstoffen wie z.B. in Abb. 1 dargestellt? Die Frage lässt sich auch anders stellen: Was muss in einem Maschinengeschirrspülmittel enthalten sein, damit es ein gutes Sauberkeitsergebnis erzielt? Oder noch anders: Müssen in einem guten Spülmaschinentab wirklich alle aufgezählten Bestandteile enthalten sein? Hierüber gibt es je nach Blickwinkel durchaus sehr unterschiedliche Ansichten. Neben durchweg harmlosen Bestandteilen (Wasser/ Aqua, Kaolin/ Porzellanerde, Cellulose, Amylase, ...), die sicherlich nicht sofort zu Protesten engagierter Umweltschützer führen, fällt auch ein Stoff namens Benzotriazol (Abb. 2) auf, der

durch kritische Berichte bekannt ist, z.B. weil er durch Elbe und Rhein in die Nordsee gelangt und dort umwelttoxisch wirkt [9].

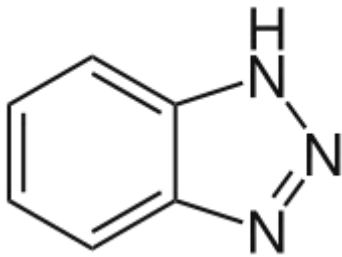


Abb. 2: 1H-Benzotriazol, Grundform verschiedener Benzotriazole

1H-Benzotriazol wird u.a. als Komplexbildner und für den Korrosionsschutz angewendet. Im Zusammenhang mit Geschirrspültabs wird Benzotriazol namentlich für den Silberschutz erwähnt, es findet aber auch Anwendung als Flammverzögerungsmittel in Flugzeugenteisern sowie in Kühl- und Hydraulik-Mitteln [9, 10]. Als wassergefährdender Stoff ist es in Wassergefährdungsklasse 1 eingeordnet (schwach wassergefährdend), aber aufgrund einer aktuellen Stoffbewertung besteht der zur Zeit diskutierte Verdacht, dass 1H-Benzotriazol als „potencial endocrine disruptor“ den Hormonhaushalt von Organismen schädigen könnte [11]. Dieser Verdacht kann durchaus zu Ablehnung in ökologisch orientierten Verbraucherkreisen führen.

3 Maschinengeschirrspülmittel selbst herstellen?

Bei kritischer Berichterstattung über umweltschädigende Bestandteile und einem Blick auf das große Preisspektrum (4 bis 22 Eurocent pro Anwendung [6]) ist schnell die Idee geboren, dass man Maschinengeschirrspülmittel in umweltverträglicher Form vielleicht auch selbst herstellen könnte (siehe Arbeitsblatt 5 in der Online-Ergänzung). Allerdings ist bei derartigen Experimenten mit dem hoffentlich eigenen Hausrat dringende Vorsicht geboten: Irreparabel blinde Gläser, blau angelaufenes Besteck und eine von innen blau angelaufene Geschirrspülmaschine können die Folge sein, wie sich auch bei einem Selbstversuch des Autors mit ausrangierten Küchenutensilien herausstellte.

Dennoch gibt es allein auf Youtube über ein Dutzend Beiträge, die positiv über selbstgemachte Geschirrspülmaschinenpulver berichten, darunter die Youtuberin Dr. Karin Bender-Gonser mit ihrem Videobeitrag über „Chemiefreie Spülmaschinenreiniger“ [12]. Über „chemiefreie

Haushaltsprodukte“ wurde in „Chemie in unserer Zeit“ schon berichtet, insofern ist dieser Beitrag nun eine Ergänzung zum Artikel von Goldberg et al. [13]. Frau Dr. Bender-Gonser muss zu Beginn Ihres Videos „Chemiefreie Spülmaschinenreiniger“ zwar zugeben, dass beim Experimentieren ihre alte Spülmaschine kaputt gegangen sei (Minute 0:45 in [12]), nun habe sie aber eine erfolgreiche Rezeptur mit drei Zitronen, Salz, Natron und Apfelessig gefunden: Danach sollen die drei geviertelte Zitronen zusammen mit 100 mL Apfelessig in einen Topf gegeben werden. Darüber wird ein Esslöffel Natron gestreut (Einblendung im Video: „Nicht erschrecken, schäumt etwas“), 180 g (Meer-) Salz werden hinzugegeben und das ganze 5-7 Minuten gekocht (Einblendung im Video: „Vorsicht schäumt“). Die abgekühlte Flüssigkeit wird püriert und in einem alten Marmeladenglas aufbewahrt. Pro Spülgang sollen 3-4 Esslöffel der Eigenmischung verwendet werden.

Das Video ist ein guter Anlass für eine Diskussion über die Frage, ob man die aufgeführten Bestandteile der Eigenmischung als „chemiefrei“ bezeichnen darf, bzw. ob man überhaupt Gegenstände als „chemiefrei“ bezeichnen darf, denn selbst ein Stück Holz oder eine Gartenerdbeere sind ja aufgrund chemischer Vorgänge entstanden – wie können sie dann „chemiefrei“ sein? Darüber hinaus würde eine aktuelle Preisrecherche über Zitronen, Apfelessig und Natron sicherlich auch noch Erhellung zu den Kosten im Vergleich zum käuflichen Fertigprodukt bringen (siehe Arbeitsblätter in der Online-Ergänzung).

Bei weiterer Internetsuche finden sich auch Blogs, die z.B. folgende Rezepturen vorschlagen [14]:

- a) für weiches Wasser: 1 Teil (Geschirrspüler-) Salz, 3 Teile Natron oder Waschsoda,
- b) für hartes Wasser: 450 g Citronensäure, 300 g Natron, 300 g Waschsoda, 125 g Geschirrspüler-Salz.

Neuerdings gibt es sogar eine eigene Top-Level-Domain mit der Internetadresse www.geschirrspueltabs.net, die allerdings keine Quellen nennt und ausgerechnet bzgl. Phosphate nicht aktuell ist; es werden lediglich vier Inhaltsstoffe genannt, die mit jeweils einer Textzeile erläutert werden [15].

Möchte man die Suche auf solidere Füße stellen, so wird man leider enttäuscht: Öffentliche Bibliotheken und der Buchhandel bieten derzeit (Stand September 2017) kein Produkt an, das sich ausdrücklich mit dem Thema „Maschinengeschirrspülmittel“ oder „Geschirrspültabs“ beschäftigt. Immerhin gibt es zwei Bücher, in denen Geschirrspültabs erwähnt sind [16, 17].

Auf Wikipedia gibt es einen sechs Druckseiten langen Artikel, der zwar mit 43 Einzelnachweisen belegt ist, aber zum Abfragezeitpunkt August 2017 nicht aktuell ist: „Die EU plant, die Verwendung von Phosphaten ab Anfang 2017 stark zu begrenzen.“ Dies ist, wie eingangs erwähnt, durch den Ablauf der Übergangsfrist für Maschinengeschirrspülmittel per 1.1.2017 in der EU-Verordnung 648/2004 schon längst vollzogen.

4 Grundlegende Gedanken zur Analytik eines Spülmaschinen-Tabs

Die gesamten deklarierten Inhaltsstoffe eines Spülmaschinen-Tabs (Abb. 1) in einem schulischen Chemielabor nachzuweisen, ist aufgrund des großen Umfangs und der begrenzt zur Verfügung stehenden Zeit nahezu unmöglich. Was aber möglich ist, reicht auch schon aus, um sich eine Vorstellung von der Vielfalt und Komplexität der „Produktkomposition“ zu machen. Exemplarisch werden solche Bestandteile ausgesucht, die mit schulüblichen Methoden erkannt werden können:

Parfümstoffe durch Geruch, Nachweis von **Sauerstoff** durch die Glimmspanprobe, **Natriumnachweis** durch Flammenfärbung, **Kohlenstoffdioxidnachweis** durch einen Tropfen gesättigtes Kalkwasser, **Farbstoffe** durch Anreicherung in Octanol (GHS07), zugleich Schaumbremse, Nachweis der **Protease** durch Zugabe eines Stückchens Fleischwurst o.ä., Nachweis der **Amylase** durch Zugabe eines Stücks Brot oder Brötchen, Bestimmung der **Basizität** mit pH-Papier und durch Titration, sowie weitere qualitative Nachweise von Inhaltsstoffen mit **Tüpfelreaktionen** (siehe Kasten „Fritz Feigl“).

Eine Überprüfung des **Phosphatgehalts** mit Ammoniummolybdat darf natürlich auch nicht vergessen werden: Gemäß EU- Verordnung 648/2004 darf pro Spülmaschinengang bei einer Standarddosierung der Gesamtphosphorgehalt von 0,3 g nicht überschritten werden, ansonsten darf das Produkt nicht mehr in Verkehr gebracht werden [4].

Weitere Anleitungen zu den Versuchen sowie Hinweise zur Herstellung der Prüfreagenzien gibt es in der Online-Ergänzung [18].

Beim Nachvollziehen der Experimente kann es durchaus reizvoll sein, verschiedene Produkte miteinander zu vergleichen (siehe Arbeitsblatt in der Online-Ergänzung) und deren Unterschiede zu diskutieren; in diesem Artikel würde ein Vergleich jedoch den Rahmen sprengen.

5 Durchführung von analytischen Untersuchungen, die im schulischen Umfeld möglich erscheinen

Zur Erleichterung der recht umfangreichen Vorgehensweise gibt es hierzu Arbeitsblätter als Online-Ergänzung, die auch weiterführende Überlegungen miteinbeziehen.



Abb. 3: Ein Spülmaschinentab wird für spätere Berechnungen erst gewogen (ohne Verpackung in einem 300 mL-Erlenmeyerkolben, dessen Gewicht bekannt ist) und dann mit 100 mL 60 °C heißem Wasser übergossen (Lösung 1). (Foto: Ruppertsberg)

5.1 Herstellung von Probenlösungen und erste Beobachtungen

Geräte, Chemikalien: 1 Geschirrspültab, 2 Erlenmeyerkolben (300 mL), 1 Feinwaage, 100 mL heißes Wasser (60 °C), 100 mL 25%ige Schwefelsäure (GHS05), Spatel/ Löffel, Küchenrollenpapier zum Aufwischen evtl. überschäumender Lösungen, 1 mL Octanol (GHS07) zum Ausschütteln der Farbstoffe, Universalindikatorpapier, 1 Uhrglas, 1 Tropfen gesättigtes

Kalkwasser (GHS05), 1 Schaschlik-Stäbchen für die Glimmspanprobe, Feuerzeug, 1 Glasstab, 1 10-mL-Pipette mit Pipettierhilfe, 2 Einmalpipetten (3 mL), 2 Bechergläser (100 mL), 1 Nasenzerstäuber (von einer Nasensprayflasche, entweder neu beschaffen oder gut spülen), Bunsenbrenner, Arbeitsblatt 1 aus der Online-Ergänzung.

Durchführung: Der Spülmaschinentab wird für spätere Berechnungen ohne Verpackung in einem Erlenmeyerkolben mit bekanntem Gewicht gewogen und mit der Herstellerangabe verglichen. Dann wird er vorsichtig mit 100 mL 60°C heißem Wasser übergossen (Abb. 3, Lösung 1).

Hinweis: Von einer alternativen Vorgehensweise mit Reibschale und Herstellung eines Pulvers wird ausdrücklich abgeraten, da das Auffliegen von Staub vermieden werden muss, um eine Kontamination (Haut, Atemwege) mit Proteasen (Subtilisin) zu vermeiden.

1. Nach dem Übergießen mit dem heißen Wasser wird vorsichtig eine Geruchsprobe vorgenommen, dann wird der Erlenmeyerkolben mit einem Uhrglas abgedeckt, um eine Vermischung mit der Raumluft zu vermeiden.
 2. Das Uhrglas wird vorsichtig weggenommen, um die Glimmspanprobe durchzuführen (Abb. 4).
 3. Mit einem Glasstab wird ein Tropfen der Lösung auf Universalindikatorpapier gebracht.
 4. Von der Lösung werden 5 mL in ein Reagenzglas abpipettiert, mit 1 mL Octanol (GHS07) versetzt und vorsichtig geschüttelt.
 5. 10 mL Lösung werden in ein Becherglas (100 mL) abpipettiert und mit einem kleinen Stück Fleischwurst o.ä. versetzt.
 6. Wie 5, jedoch wird statt Fleischwurst ein Stückchen Brot/ Brötchen genommen.
 7. 3 mL Probelösung werden in eine Nasensprayflasche gefüllt und in die nichtleuchtende Flamme eines Bunsenbrenners gesprüht.
 8. Da einige Substanzen nur im sauren pH-Bereich nachweisbar sind, werden 20 mL der Lösung abpipettiert und vorsichtig, in mehreren Schritten, möglichst ohne Übersäumen mit 25%iger Schwefelsäure (GHS05) auf 100 mL aufgefüllt (Lösung 2). Mit pH-Papier prüfen, ob die Lösung wirklich im sauren pH-Bereich liegt.
- Bitte genügend große Gefäße zu verwenden und Küchenrollenpapier zum Aufwischen bereitzuhalten.

9. Über die mit Schwefelsäure aufschäumende Probe wird ein Uhrglas gehalten, an dessen konvexer Unterseite sich ein Tropfen gesättigtes Kalkwasser befindet (Abb. 9).

Beobachtungen und Deutungen:

Zu 1: Es wird deutlich riechbar **Parfum** freigesetzt (siehe Hinweis: „PARFUM“ in Abb. 1).

Zu 2: Der Glimmspan über Lösung a glüht auf oder flammt sogar auf; es ist also **Sauerstoff** entstanden, der aus einem gelösten Feststoff freigesetzt wurde (SODIUM CARBONATE PEROXIDE).

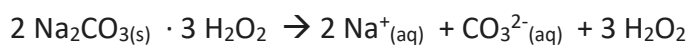
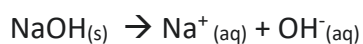


Abb. 4: Sauerstoffnachweis mit der Glimmspanprobe. (Foto: Ruppertsberg)

(Hinweis: Nicht alle Spülmaschinentabs ermöglichen eine gut sichtbare Glimmspanprobe!)

Zu 3: Das Indikatorpapier zeigt eine stark alkalische Reaktion (SODIUM HYDROXIDE, SODIUM CARBONATE).



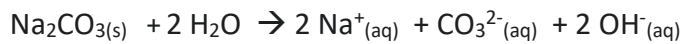


Abb. 5: Lösung 1 reagiert stark alkalisch. Zusätzlich ist die starke bleichende Wirkung zu beobachten, das Indikatorpapier wird ausgebleicht. (Foto: Ruppertsberg)

Zu 4: **Farbstoffe** haben keine Waschwirkung. Das Produkt soll gut aussehen und ein „Image“ bekommen, es soll eine Produktidentität mit Wiedererkennungswert geschaffen werden. Beim Einsatz von Octanol sammeln sich die Farbstoffe in der Octanolphase, sie sind also lipophil („COLORANT“ in Abb. 1). *(Hinweis: Für weitergehende Untersuchungen kann die Octanol-Phase abpipettiert werden und chromatografisch untersucht werden. Schulüblich wäre hier, auf Filterpapier oder in Schulkreide die Laufgeschwindigkeit mit anderen oder ähnlichen Farbstoffen zu vergleichen, dazu muss ein geeignetes Laufmittelgemisch gefunden werden, siehe z.B. [19].)*



Abb. 6: Ausschütteln eines roten Farbstoffes in die Octanolphase. (Foto: Ruppertsberg)



Abb. 7: Zu jeweils 10 mL Lösung 1 wird jeweils ein Stückchen Fleischwurst und Brot gegeben, links: zu Beginn, rechts: nach 2 Stunden (zur besseren Sichtbarkeit wurde ein anderer, schwächer gefärbter Spülmaschinentab verwendet). (Fotos: Ruppertsberg)

Zu 5: Das Stückchen Fleischwurst wird zersetzt und ist nach einiger Zeit nicht mehr zu erkennen.

Zu 6: Das Brotstückchen wird zersetzt und ist nach einiger Zeit nicht mehr zu erkennen.

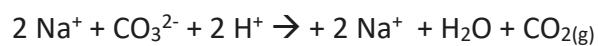
Zu 7: Die Bunsenbrennerflamme leuchtet beim Einsprühen der Lösung typisch orange auf; damit sind **Natriumionen** nachgewiesen (SODIUM CARBONATE, SODIUM HYDROXIDE).



Abb. 8: Die Brennerflamme zeigt die Anwesenheit von Natriumionen an. (Foto: Ruppertsberg)

Zu 8: Das Aufschäumen wird durch ein Gas verursacht, das mit 9) nachgewiesen wird.

Zu 9: Der Kalkwassertropfen über Lösung b trübt sich; damit ist **Kohlenstoffdioxid** nachgewiesen. Das Kohlenstoffdioxid muss aus einem Stoff entstanden sein, der vorher ein Feststoff war. Durch die Reaktion mit einer Säure wurde das Kohlenstoffdioxid freigesetzt (SODIUM CARBONATE).



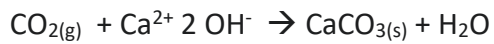


Abb. 9: Nachweis von Kohlenstoffdioxid durch gesättigtes Kalkwasser (1 Tropfen) an der konvexen Unterseite eines Uhrglases. (Foto: Ruppertsberg)

Somit sind schon nach kurzer Zeit wesentliche Bestandteile eines Spülmaschinentabs identifiziert: Natriumionen und Kohlenstoffdioxid stammen u.a. aus der Soda, die alkalisch reagiert. Die starke Basizität, die durch Natriumhydroxid unterstützt wird, dient der Verseifung von anhaftenden Fettresten. Eiweiße (Fleischwurst) werden durch Protease, Kohlenhydrate (Brot) durch Amylase zersetzt. Der aus dem Percarbonat entstehende Sauerstoff oxidiert Anthocyane (Rotweinreste, Beeren) oder Huminsäuren (Kaffee, Tee, Kakao), die Farbstoffe im Tab stiften Produktidentität und die Parfüme übertünchen eventuell entstehende schlechte Gerüche bei der Lösung und Verarbeitung von Speiseresten, die dem Geschirr anhaften.

5.2 Qualitative Untersuchungen

Bei den nun folgenden Tests werden die beiden Lösungen aus 5.1 genauer untersucht und teilweise schon erlangte Ergebnisse bestätigt bzw. verfeinert. Die Schreibweise der nachzuweisenden Stoffe erfolgt nach INCI-Nomenklatur (siehe Abb. 1).

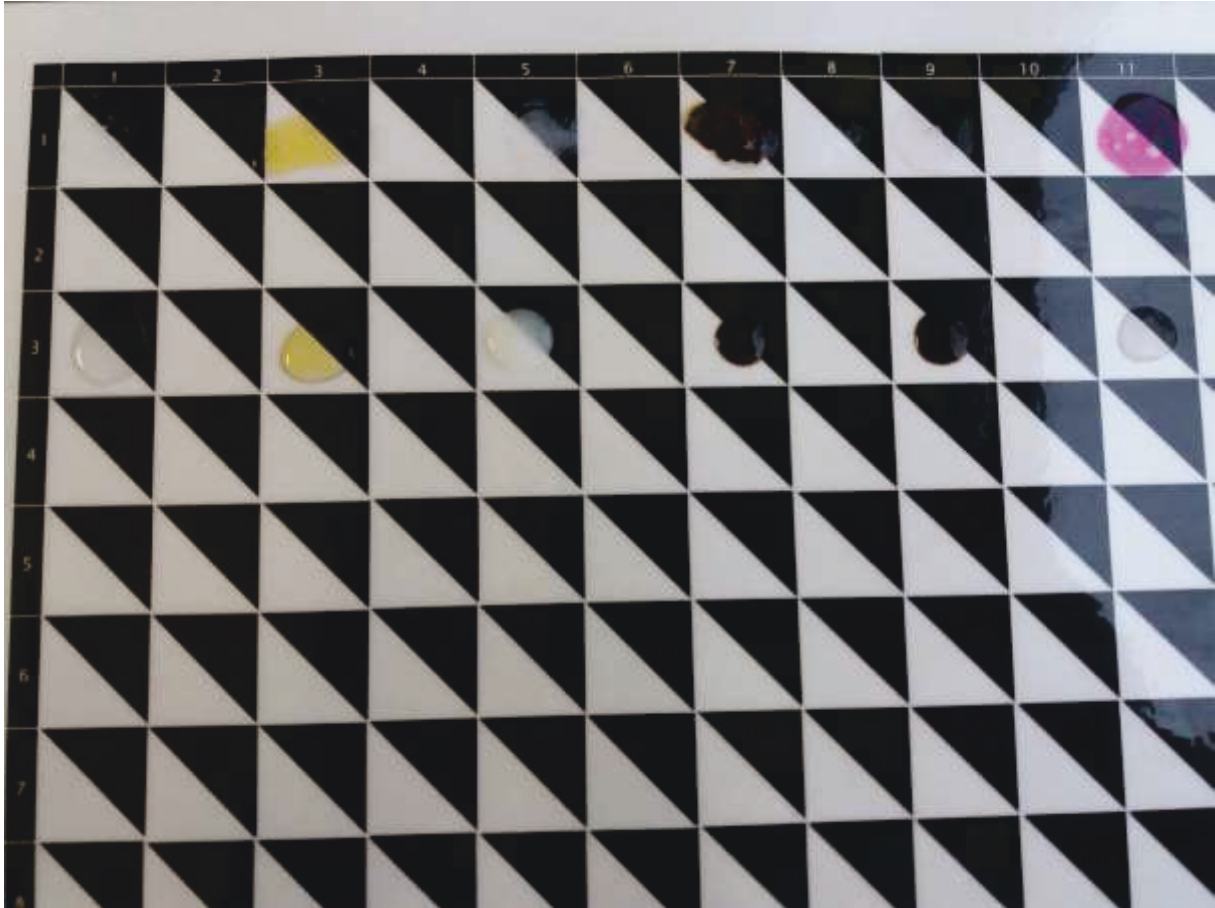


Abb. 10, obere Reihe: alkalische Lösung; untere Reihe: saure Lösung; von links nach rechts: Nachweise von Carbonationen, Wasserstoffperoxid, Sulfationen, Cellulose, Stärke, Hydroxidionen (Erläuterungen siehe Text). (Foto: Ruppertsberg)

SODIUM CARBONATE:

Nachweis von Carbonationen mit Salzsäure, $c = 4 \text{ mol/L}$ (GHS05).

In Abb. 10 kann man in Spalte 1 oben kleine Gasbläschen erkennen. Unten erfolgt keine Gasbildung, da die Lösung bereits mit 25%iger Schwefelsäure reagiert hat.

SODIUM CARBONATE PEROXIDE:

Nachweis von Wasserstoffperoxid mit Titanylsulfat (GHS05)

Percarbonate sind nur im Trockenen stabil. In wässriger Lösung zerfallen sie in Carbonat (Nachweis durch Bläschenbildung mit Säure) und in Wasserstoffperoxid. Letzteres bildet mit Titanylsulfat (TiOSO_4) das intensiv orangegelb gefärbte Peroxotitanyl-Ion TiO_2^{2+} .



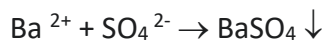
Hinweis zum Herstellen der Lösung: 15 mg Titanylsulfat werden in 10 ml Schwefelsäure $c = 2$ mol/L gelöst.

In Abb. 10 Spalte 3 ist beide Male die typische Gelbfärbung deutlich zu erkennen.

SODIUM SULFATE:

Nachweis von Sulfat-Ionen mit Bariumchlorid-Lösung (GHS07)

Sulfat-Ionen reagieren mit Barium-Ionen unter Bildung eines weißen Niederschlages von Bariumsulfat. Als Reagenz ist eine Bariumchlorid-Lösung vorgeschrieben. Die Probelösung wird mit Salzsäure angesäuert, da Bariumsulfat in saurer Lösung unlöslich ist.



In Abb. 10 Spalte 5 ist ein deutlicher weißer Niederschlag zu erkennen.

CELLULOSE:

Nachweis von Cellulose mit Chlorzinkiod-Lösung (GHS07, GHS09)

Cellulose ergibt mit Zinkchlorid-Iod-Lösung eine blau- bis braunviolette Einschlussverbindung.

Cellulose reagiert nicht mit Iod-Kaliumiodid-Lösung nach Lugol. Das Zinkchlorid bewirkt ein Aufquellen der Cellulose-Struktur, so dass sich die Iod-Moleküle einlagern können und den blau- bis braunvioletten Anlagerungskomplex bilden können. Die Farbtönung ist von der Struktur der Cellulose abhängig. Hinweis zum Herstellen der Lösung: 20 g Zinkchlorid und 6,5 g Kaliumiodid werden in 10,5 mL Wasser gelöst. Nach Zusatz von 0,5 g Iod wird 15 min lang geschüttelt und falls erforderlich filtriert.

In Abb. 10 Spalte 7 ist eine deutliche braunschwarze Färbung zu erkennen.

STÄRKE:

Nachweis von Stärke mit wässriger Iod-Kaliumiodidlösung (Lugol'scher Lösung) (GHS08)

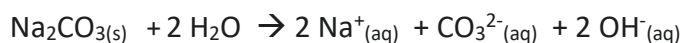
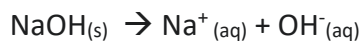
Iod kann ähnlich wie Schwefel lange Ketten bilden, die in dem spiralig aufgebauten Stärkemolekül die charakteristische Iod-Stärke-Einschlussverbindung ergeben, welche je nach Herkunft der Stärke rotviolett bis blauviolett ausfallen kann.

Hinweis zum Herstellen der Lösung: 1 g Iod wird mit 2 g Kaliumiodid trocken gemischt und durch tropfenweisen Zusatz von Wasser in Lösung gebracht. Ist alles gelöst, wird mit Wasser zu 300 mL aufgefüllt.

In Abb. 10 Spalte 9 ist nur unten eine deutliche blauschwarze Färbung zu erkennen, da in der oberen alkalischen Lösung das Iod-Iodid/Hypoiodid-Gleichgewicht auf die rechte Seite verschoben ist (Disproportionierung).

SODIUM HYDROXIDE, SODIUM CARBONATE:

Nachweis der stark alkalischen Reaktion der wässrigen Probelösungen mit 0,1%iger ethanolischer Phenolphthaleinlösung:



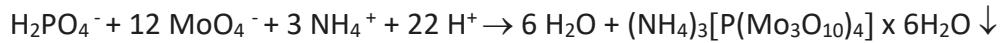
In Abb. 10 Spalte 11 ist nur oben eine deutliche Färbung zu erkennen, da die untere Lösung angesäuert wurde.

Zum Schluss werden die Probelösungen daraufhin überprüft, ob das Versprechen der Phosphatfreiheit stimmt. Hierzu ein kurzer Überblick: Phosphate eignen sich einerseits ganz hervorragend zur Wasserenthärtung, sind ungiftig, gut zu verarbeiten, helfen bei der Ablösung von Fetten und verhindern, dass sich gelöster Schmutz wieder auf den zu reinigenden Gegenständen absetzt, aber sie führen andererseits zur Eutrophierung von Gewässern und schädigen somit die Umwelt. Besonders schockierend waren veralgte Badeseen in den 1980er Jahren (allen voran der Bodensee), in denen schwimmen eklig geworden war. Mit der EU-Verordnung 648/2004 wurde festgelegt, dass zunächst Waschmittel und später auch Maschinengeschirrspülmittel so gut wie keine Phosphate mehr enthalten dürfen. Mittlerweile werden die Grenzwerte gut eingehalten; die noch vorhandene Phosphatbelastung resultiert vor allem aus menschlichen und tierischen Fäkalien. Daher ist es eine gute Idee, a) Phosphate im Abwasser zu vermeiden, und b) dass Kläranlagen eine Phosphatfällung durchführen, bevor das geklärte Wasser wieder in Oberflächengewässer eingeleitet wird. Dass Phosphat als

Rohstoff auf dem Weltmarkt knapp wird, ist ein weiteres schlagendes Argument für das Phosphatrecycling [24].

Nachweis von Phosphat mit Ammoniummolybdatlösung (Abb. 11):

Phosphat bildet mit Ammoniummolybdat in saurer Lösung bei hohen Konzentrationen an Phosphat einen gelben Niederschlag von Ammoniummolybdatophosphat.



Bei geringen Konzentrationen ist keine Farbveränderung feststellbar. Durch Reduktionsmittel lässt sich der gebildete Komplex reduzieren, es entsteht Molybdänblau. Es ist ein Gemisch aus verschiedenen Oxidationsstufen des Molybdäns.

Hinweis zum Herstellen der Lösung: 2,5 g Ammoniummolybdat werden in 100 mL destilliertem Wasser gelöst mit 100 mL 25%iger Schwefelsäure oder 16,5 mL konzentrierter Schwefelsäure versetzt und mit destilliertem Wasser zu 250 ml aufgefüllt.

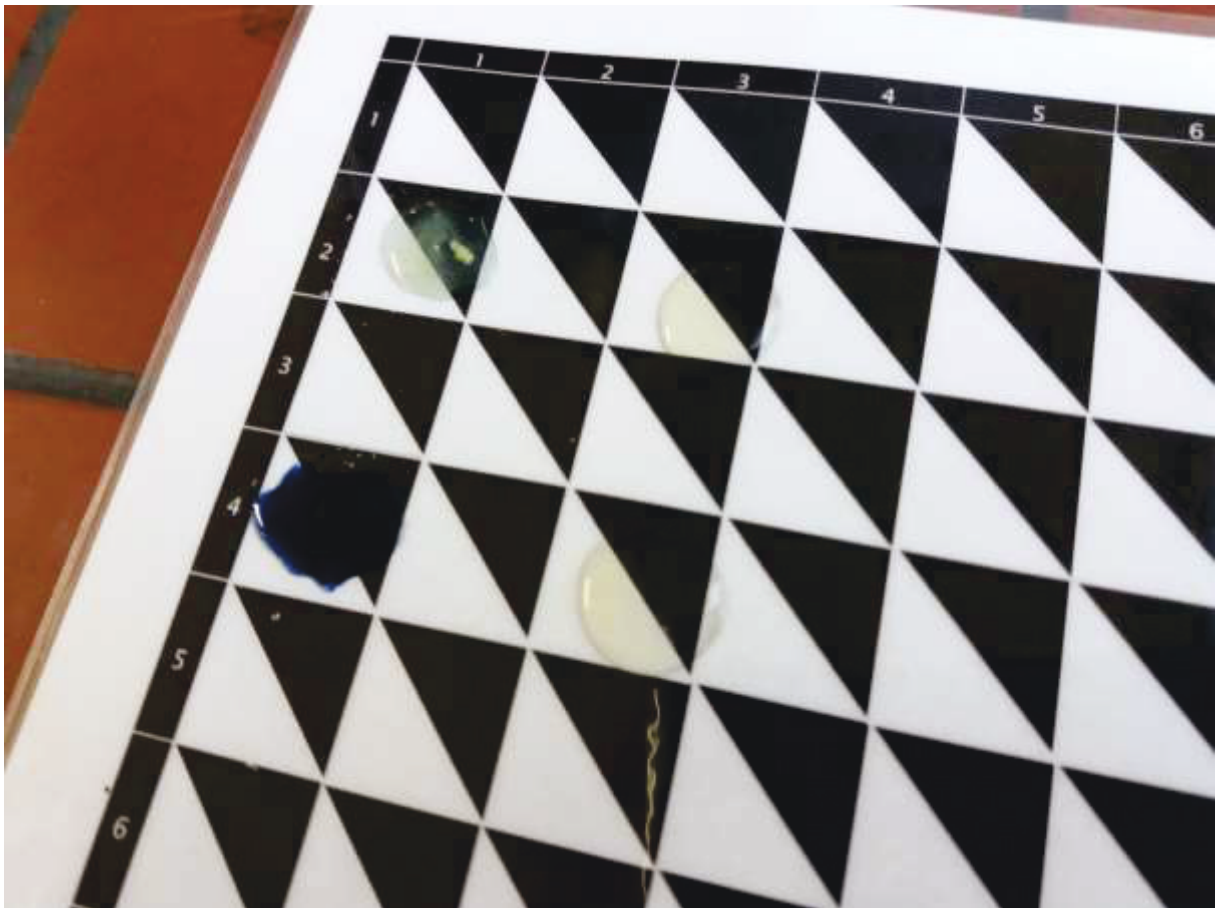


Abb. 11: Phosphatnachweis, linke Spalte: phosphathaltige Probelösung; rechte Spalte: saure Spülmaschinentab-Lösungen. (Foto: Ruppertsberg)

Es ist sicherlich interessant und reizvoll, noch weitere Nachweismethoden und Verfahren zu finden, die in diesem Kontext Anwendung finden können. Für einen ersten Überblick und als „Appetitanreger“ für mehr Analytik im experimentellen Chemieunterricht reichen die hier beschriebenen Methoden aber völlig aus. In der Online-Ergänzung gibt es einen Download mit theoretischem Hintergrund und vielen weiteren Versuchen. Insbesondere sind auch Hinweise zur Herstellung der Prüfreagenzien enthalten [18]. Redaktion und Autor würden sich sehr freuen, von den Leserinnen und Lesern Anwendungsberichte zu erhalten und/ oder Erweiterungsmöglichkeiten zu erfahren.

6 Fazit

Geschirrspülmaschinen gibt es laut Statistischem Bundesamt in ca. 70 % aller Haushalte in Deutschland, 75% verwenden Tabs statt Pulver. Geschirrspültabs werden in fast jedem Super- oder Drogeriemarkt gehandelt. Das Produkt ist also für Schülerinnen und Schüler alltagsnah, positiv besetzt, hochmotivierend und im kontextorientierten experimentellen Unterricht hervorragend einsetzbar. Bezüglich der Verortung in den Lehrplänen des Faches Chemie passt es sehr gut in die Bereiche „Waschmittel und Haushaltsreiniger“, aber auch Säuren-Basen oder Umweltchemie. Die Darstellung von Geschirrspülmaschinen-Tabs als hochkomplexe Haushaltschemikalie sowie die Anbindung an die EU-Verordnung 648/2004 bietet zahlreiche Alltagsbezüge und Gesprächsanlässe im schulischen und im häuslichen Umfeld.

Durch eine verstärkte Verbraucherdiskussion und Betonung umweltökologischer Aspekte werden in den nächsten Jahren sicherlich weitere Verbesserungen und Rezepturänderungen zu beobachten sein.

Würdigung von Fritz Feigl, dem Erfinder der Tüpfeltests:

Was hat es eigentlich mit den Tüpfeltests auf sich?

Beschreibung der Tüpfel-Methodik und Würdigung von Fritz Feigl

Vielen Lehrkräften ist –je nach Ausbildungsort- die Methode der Tüpfeltests völlig unbekannt. Dabei handelt es sich um eine ab 1920 entwickelte Methode, mit kleinsten Substanzmengen aussagekräftige Nachweise durchzuführen. Die Tüpfelmethode wurde schnell beliebt und wurde rasant weiterentwickelt; sie ist der Vorläufer von Teststäbchen-Verfahren und Laborschnelltests: Mit einem Urintest herausfinden, ob eine Schwangerschaft besteht, mit einem Teststreifen prüfen, ob es einen Verdacht auf Diabetes gibt; mit einem Tropfen Blut eine Rheumadiagnostik durchführen – das alles gäbe es nicht ohne Fritz Feigl und seine Tüpfelmethode. Laborschnelltests gibt es in großer Vielfalt und sie sind aus Krankenhauslabors, Apotheken und medizinischer Praxis nicht mehr wegzudenken.

Der österreichische Chemiker Fritz Feigl (geboren 1891 in Wien, verstorben 1971 in Rio de Janeiro) promovierte 1920 mit dem Thema „Über die Verwendung der Tüpfelreaktionen in der qualitativen Analyse“ und musste als gebürtiger Jude wegen der nationalsozialistischen Machtergreifung im Jahre 1938 das Land verlassen, da er ansonsten mit Deportation und Ermordung hätte rechnen müssen [21]. Nach einer schwierigen Ausreise über die Schweiz und Belgien, sogar einer vorübergehenden Inhaftierung in einem französischen KZ in Perpignan, einer Flucht über Spanien und Portugal gelangte er 1940 nach Brasilien, wo er Rio de Janeiro zu seiner neuen Heimat erwählte. Dort arbeitete er weiter als Chemiker und Fachbuchautor. Der in Brasilien sehr bekannte Kabelfernsehsender „Canal Futura“ hat Fritz Feigl in der populärwissenschaftlichen Zeichentrickserie „Um Cientista, uma História“ mit einem Kurzbericht über sein Leben und seine Entdeckungen gewürdigt (Abb. 12, [19]).

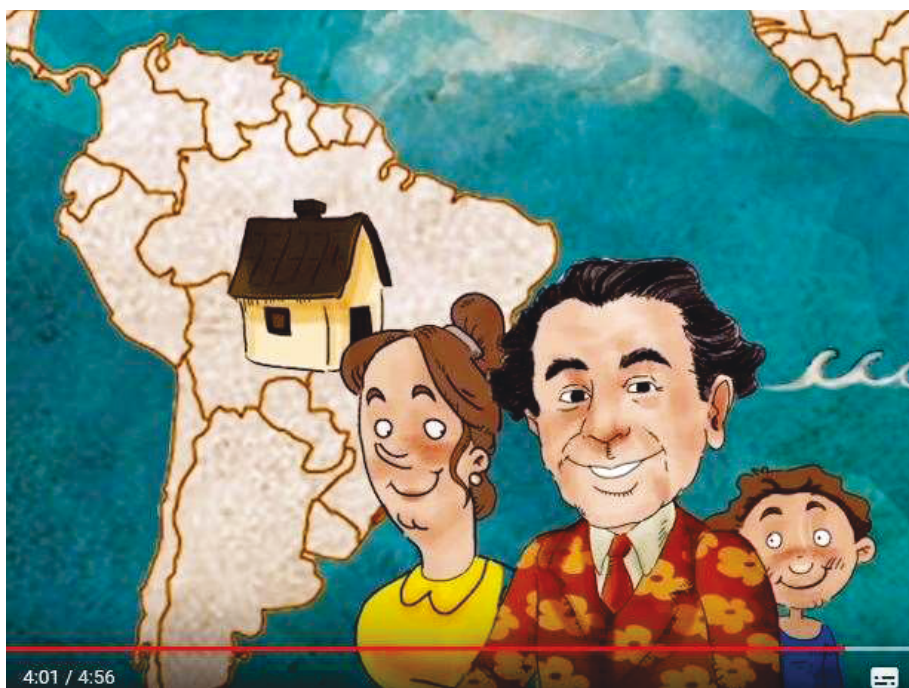


Abb. 12: Youtube-Video „Um Cientista, uma História“ (portugiesisch) über den Begründer der Tüpfel-Technik Fritz Feigl [22]

Noch in Österreich entwickelte Feigl mit seinen Mitarbeitern tausende von einfachen Tüpfeltests, bei denen eine Substanz lediglich mit einem getränkten Filterpapier (pH-Teststreifen) oder einem Tropfen Reagenz (z.B. Silbernitratlösung) identifiziert werden kann [23].

Bei den Tüpfeltests mit einem Tropfen Flüssigkeit empfehlen sich zum einen Tüpfelplatten, zum anderen reichen auch Fotokopien von schwarzen und/ oder weißen Kästchen, die einfach mit Kunststofffolie laminiert werden. Hierzu stellt die österreichische Chemieolympiade www.oecho.at unter dem Reiter „Materialien – Tabellen“ kostenfrei zwei Versionen von Tüpfelrastern bereit [20]. Nach dem Tüpfeltest werden die Tüpfelraster mit Küchenrollenpapier sauber gewischt und ggf. nachgereinigt (z.B. bei Verwendung von Phenolphthalein sehr wichtig, um nachfolgende Tests nicht zu stören).

Da es sich um eine sehr materialschonende Methode handelt und kleinste Mengen eingesetzt werden, ist die Tüpfeltechnik für die Arbeit in Schulen prinzipiell sehr zu empfehlen.

Zusammenfassung

Spülmaschinentabs gibt es in zahlreichen Varianten und in jedem Drogerie- oder Supermarkt zu kaufen, aber wer hat dieses hochkomplizierte Alltagsprodukt schon einmal genauer untersucht? Da das Produkt alkalisch ist, ist Vorsicht geboten, aber wie der Artikel zeigt, ergeben sich hochmotivierende Fragen und Erkenntnisse, die eine feste Verankerung im Alltag haben und für den kontextorientierten naturwissenschaftlichen Experimentalunterricht reichen Gewinn abwerfen.

Schlüsselwörter

Spülmaschinen-Tabs, Maschinengeschirrspülmittel, Alltag, Experimente, Chemieunterricht.

Abstract

Dishwashing tablets are available in numerous varieties and in every drugstore or supermarket, but who has ever examined this highly complex everyday product more closely? Since the product is alkaline, caution is required, but as the article shows, highly motivating questions and findings are found that have a strong anchoring in everyday life and provide a rich profit for the context-oriented experimental science education.

Keywords

Dishwasher tabs, machine dishwashers, everyday life, experiments, chemistry education.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt,
https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/AusstattungGebrauchsgueter/Tabellen/Haushaltsgeraete_D.html zuletzt aufgerufen am 5.9.2017
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinengeschirrsp%C3%BClmittel> , zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [3] <http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/neue-eu-verordnung-verbessert-gewaesserguetaet/>, zuletzt aufgerufen am 18.7.2017
- [4] Amtsblatt der EU, VERORDNUNG (EU) Nr. 259/2012 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. März 2012 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 648/2004 in Bezug auf die Verwendung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in für den Verbraucher bestimmten Waschmitteln und Maschinengeschirrspülmitteln , siehe auch: http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Downloads/CLP-Kompendium/VO_EU_259_2012.pdf?_blob=publicationFile&v=2 , zuletzt aufgerufen am 5.9.2017
- [5] <https://www.test.de/Geschirrspuelmittel-Die-Phosphatfreien-koennens-jetzt-auch-5048494-0/?mc=kurzurl.tabs>, zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [6] Stiftung Warentest, *Test* **2016**, 8, 71-75
- [7] Persönliche Mitteilung von Dr. Bernd Glassl, IKW, vom 15.9.2017
- [8] siehe z.B. <http://www.henkelconsumerinfo.com/products/> , zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [9] H. Wolschke, Z. Xie, A. Möller, R. Sturm und R. Ebinghaus, Occurrence, distribution and fluxes of benzotriazoles along the German large river basins into the North Sea, *Water Research* **2011**, 45, 6259-6266
- [10] <https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-02-00889?update=true>
- [11] <http://www.umweltbundesamt.de/1h-benzotriazol> , zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [12] K. Bender-Gonser, in <https://www.youtube.com/watch?v=hDzbMlmcF4g> , zuletzt aufgerufen am 1.9.2017

- [13] A.F.G. Goldberg, K. Roth, C.J. Chemjobber, Chemiefreie Haushaltsprodukte. Chem. unserer Zeit **2016**, 28, 144–145. doi:10.1002/ciuz.201600750
- [14] <http://wastelandrebel.com/de/selbstgemachter-geschirr-reiniger-fuer-die-spuelmaschine/>
- [15] <http://geschirrspueltabs.net/informationen-zur-webseite/>, zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [16] H. G. Hauthal und G. Wagner, Verlag für chemische Industrie H. Ziolkowsky GmbH, Augsburg, 2. aktualisierter Nachdruck, 2007
- [17] K. Henning, Wasch- und Reinigungsmittel, Verlag für chemische Industrie H. Ziolkowsky GmbH, Augsburg, 2005
- [18] W. Proske und K. Ruppertsberg, Qualitative und quantitative Analytik von Geschirrspültabs, Zahna-Elster 2017, Online-Ergänzung zu diesem Artikel
- [19] Chemie heute S II, (Hrsg. W. Asselborn, M. Jäckel und K. Risch), Schroedel, Braunschweig, **2009**, S. 253-256
- [20] <http://www.oecho.at/de/materialien/tabellen/>, zuletzt aufgerufen am 18.7.2017
- [21] https://www.wien.gv.at/wiki/index.php/Fritz_Feigl#tab=Personendaten, zuletzt aufgerufen am 1.9.2017
- [22] Canal Futura (Brasilien): Um Cientista, Uma História – Fritz Feigl, Youtube-Video CAllgG7xltc (portugiesisch), zuletzt aufgerufen am 18.7.2017
- [23] F. Feigl, *Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen. Theoretische Grundlagen, praktische Ausführung und Anwendung*, Akad. Verlagsges., Leipzig, **1938**
- [24] Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwasserreinigung, (Hrsg.: Bundesamt für Umwelt BAFU), Bern 2009

Dank:

Für freundliche Beratung bedanken sich die Autoren bei Dr. Bernd Glassl, Industrieverband Körperpflege Waschmittel e.V. (IKW), Frankfurt (Main), www.ikw.org

Die Autoren

Klaus Ruppertsberg, Jahrgang 1959, hat sein Studium der Chemie und Biologie an der Albertus Magnus-Universität Köln 1986 mit dem 1. Staatsexamen abgeschlossen.

Nach dem 2. Staatsexamen in Bensheim an der Bergstraße war er über 20 Jahre Lehrer an verschiedenen Schulformen, zuletzt als Fachbereichsleiter Chemie an der Domschule in Schleswig. Seit August 2014 ist er an das Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (Abt. Chemiedidaktik – Prof. Dr. Ilka Parchmann) in Kiel abgeordnet.



Korrespondenzadresse:

ruppersberg@ipn.uni-kiel.de

Wolfgang Proske, Jahrgang 1955, hat als MTLA in medizinischen Routine- und Forschungslaboratorien gearbeitet und 1996 sein Studium der angewandten Chemie als Dipl.-Ing. (FH) abgeschlossen. Er betreibt das Ingenieurbüro Schulchemiezentrum in Zahna-Elster und ist vielen Lesern als freier Autor in den Bereichen experimenteller Chemieunterricht, Begabtenförderung und Lehrerfortbildung bekannt.



Korrespondenzadresse:

wolfgang_proske@web.de

Online-Ergänzung Spülmaschinentabs: Arbeitsblatt 1

(Sek. I und Sek. II, Zeitbedarf: 1,5 Stunden)

Namen der Durchführenden:

Name des Spülmaschinentabs: _____ Hersteller/ Vertrieb:

Gewicht: a) nach Herstellerangabe: _____ g

b) selbst gewogen mit Verpackung: _____ g

c) selbst gewogen ohne Verpackung: _____ g

Farbgebung (beschreibe oder zeichne):

Experiment: Welche Inhaltsstoffe eines Spülmaschinentabs kann man mit einfachen Mitteln nachweisen?

Geräte, Chemikalien: 1 Geschirrspültab, 2 Erlenmeyerkolben (300 mL), 1 Laborwaage (auf 0,1 g genau), 100 mL heißes Wasser (60 °C), 100 mL 25%ige Schwefelsäure (GHS05), Spatel/ Löffel, Küchenrollenpapier zum Aufwischen evtl. überschäumender Lösungen, 1 mL Octanol (GHS07) zum Ausschütteln der Farbstoffe, Universalindikatorpapier, 1 Uhrglas, 1 Tropfen gesättigtes Kalkwasser (GHS05), 1 Schaschlik-Stäbchen für die Glimmspanprobe, Feuerzeug, 1 Glasstab, 1 10-mL-Pipette mit Pipettierhilfe, 2 Einmalpipetten (3 mL), 2 Bechergläser (100 mL), 1 Nasenzerstäuber (von einer Nasensprayflasche, entweder neu beschaffen oder gut spülen), Bunsenbrenner.

Durchführung: Der Spülmaschinentab wird für spätere Berechnungen ohne Verpackung in einem Erlenmeyerkolben mit bekanntem Gewicht gewogen und mit der Herstellerangabe verglichen. Dann wird er vorsichtig mit 100 mL 60°C heißem Wasser übergossen (Abb. 3, Lösung 1).

(Hinweis: Von einer alternativen Vorgehensweise mit Mörser und Herstellung eines Pulvers wird ausdrücklich abgeraten, da das Auffliegen von Staub vermieden werden muss, um eine Kontamination (Haut, Atemwege) mit verkapselten Proteasen (Subtilisin) zu vermeiden.)

1. Nach dem Übergießen mit dem heißen Wasser wird vorsichtig eine Geruchsprobe vorgenommen, dann wird der Erlenmeyerkolben mit einem Uhrglas abgedeckt, um eine Vermischung mit der Raumluft zu vermeiden.
 2. Das Uhrglas wird vorsichtig weggenommen, um die Glimmspanprobe durchzuführen (Abb. 4).
 3. Mit einem Glasstab wird ein Tropfen der Lösung auf Universalindikatorpapier gebracht.
 4. Von der Lösung werden 5 mL in ein Reagenzglas abpipettiert, mit 1 mL Octanol (GHS07) versetzt und vorsichtig geschüttelt.
 5. 10 mL Lösung werden in ein Becherglas (100 mL) abpipettiert und mit einem kleinen Stück Fleischwurst o.ä. versetzt.
 6. Wie 5, jedoch wird statt Fleischwurst ein Stückchen Brot/ Brötchen genommen.
 7. 3 mL Probelösung werden in eine Nasensprayflasche gefüllt und in die nichtleuchtende Flamme eines Bunsenbrenners gesprüht.
 8. Da einige Substanzen nur im sauren pH-Bereich nachweisbar sind, werden 20 mL der Lösung abpipettiert und vorsichtig, in mehreren Schritten, möglichst ohne Übersäumen mit 100 mL 25%iger Schwefelsäure (GHS05) auf 100 mL aufgefüllt (Lösung 2). Mit pH-Papier prüfen, ob die Lösung wirklich im sauren pH-Bereich liegt.
- Bitte genügend große Gefäße zu verwenden und Küchenrollenpapier zum Aufwischen bereitzuhalten.
9. Über die mit Schwefelsäure aufschäumende Probe wird ein Uhrglas gehalten, an dessen konvexer Unterseite sich ein Tropfen gesättigtes Kalkwasser befindet (Abb. 5).

Bewahrt die beiden Probelösungen für Arbeitsblatt 2 auf!

Tragt eure Beobachtungen in die Tabelle ein und versucht eine Deutung/ Erklärung:

Nr.	Beobachtung:	Deutung/ Erklärung:
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Online-Ergänzung Spülmaschinentabs, Arbeitsblatt 2: Tüpfeltest

(Sek. II, ggf. Sek. I, Zeitbedarf: 1,5 Stunden, sofern die Lösungen bereit stehen)

Namen der Durchführenden:

Name des Spülmaschinentabs: _____ Hersteller/ Vertrieb:

1. Sucht im Internet nach den Suchworten: ÖChO, Materialien, Raster2 oder gebt diese Seite ein: <http://www.oecho.at/assets/de/materialien/tabellen/Raster-2.0.pdf>

Druckt das Tüpfelraster aus und laminiert es.

2. Bei den folgenden Nachweisreaktionen werden teilweise Trübungen erwartet. Dazu müssen die bereits vorhandenen Trübungen entfernt werden.

Geräte, Chemikalien: 2 Erlenmeyerkolben (300 mL), 2 Glastrichter, 2 Filter, jeweils 50 mL aus den gemäß Arbeitsblatt 1 hergestellten Probelösungen

Durchführung: Man nimmt jeweils 50 mL der Probelösungen und filtriert.

3. Bei den nun folgenden Tests werden die beiden Lösungen genauer untersucht und teilweise schon erlangte Ergebnisse bestätigt bzw. verfeinert. Grundsätzlich lassen sich alle Experimente auch als Reagenzglasversuche durchführen, jedoch ist es eine interessante Variante, hierzu mit kleinsten Substanzmengen die Tüpfelmethode anzuwenden. Die Chemikalien werden auf den Rastern in Tropfenform zusammengebracht (Volumen: unter 100 Mikroliter), anschließend mit einem Küchentuch abgewischt und im Restmüll entsorgt. Im Folgenden werden nun exemplarisch einige nachgewiesen:

SODIUM CARBONATE:

Nachweis von Carbonationen mit Salzsäure, $c = 1 \text{ Mol/L}$ (GHS05)

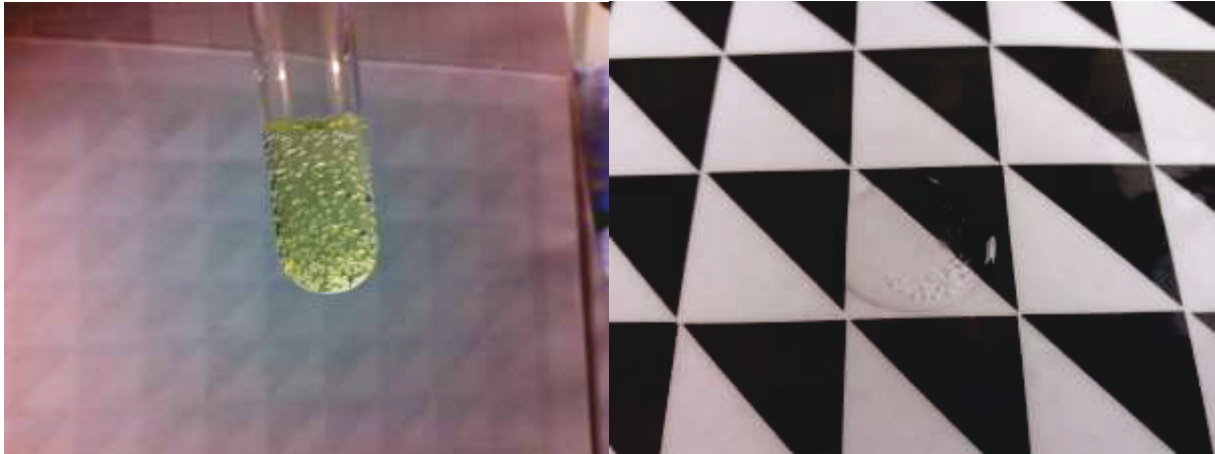


Abb. A2.1: links Bläschenbildung bei Zugabe von Salzsäure im Reagenzglas, rechts Bläschenbildung auf Tüpfelraster.

SODIUM CARBONATE PEROXIDE:

Nachweis von Wasserstoffperoxid mit Titanylsulfat (GHS05). Erläuterung: Percarbonate sind nur im Trockenen stabil. In wässriger Lösung zerfallen sie in Carbonat (Nachweis durch Bläschenbildung mit Säure) und in Wasserstoffperoxid. Letzteres bildet mit Titanylsulfat (TiOSO_4) das intensiv orangegelb gefärbte Peroxotitanyl-Ion TiO_2^{2+} .

(Herstellung der Titanylsulfatlösung (GHS05): 15 mg Titanylsulfat werden in 10 mL Schwefelsäure $c = 2 \text{ mol/L}$ (GHS05) gelöst.)

SODIUM SULFATE:

Nachweis von Sulfat-Ionen mit Bariumchlorid-Lösung (GHS07). *(Herstellung der Bariumchloridlösung: 122 mg Bariumchlorid-Dihydrat (GHS06) werden in demin. Wasser gelöst und auf 10 mL aufgefüllt. (Die Tätigkeitsbeschränkung für das Herstellen der Lösung gilt gemäß DGUV-Regel 113-018 Ausgabe 2016 lediglich für Schüler bis Klasse 4)).*

CELLULOSE:

Nachweis von Cellulose mit Chlorzinkiod-Lösung (GHS07, GHS09). *(Herstellen der Lösung: 20 g Zinkchlorid und 6,5 g Kaliumiodid werden in 10,5 mL Wasser gelöst. Nach Zusatz von 0,5 g Iod wird 15 min lang geschüttelt und falls erforderlich filtriert.)*

STÄRKE:

Nachweis von Stärke mit wässriger Iod-Kaliumiodidlösung (Lugol'scher Lösung) (GHS08)

(Herstellung der Lösung: 100 mg Iod werden mit 200 mg Kaliumiodid trocken gemischt und durch tropfenweisen Zusatz von demin. Wasser in Lösung gebracht. Ist alles gelöst, wird auf 30 mL aufgefüllt.)

SODIUM HYDROXIDE, SODIUM CARBONATE:

Nachweis der stark alkalischen Reaktion der wässrigen Probelösungen mit einem geeigneten Indikator (Universalindikator, 0,1%ige Phenolphthaleinlösung).

PHOSPHAT:

Zum Schluss werden die Probelösungen im Vergleich zu einer phosphathaltigen Lösung überprüft, ob das Versprechen der Phosphatfreiheit gemäß EU-Verordnung 648/2004 stimmt:

Nachweis von Phosphat mit Ammoniummolybdatlösung.

(Herstellen der Lösung: 1 g Ammoniummolybdat wird in demin. Wasser gelöst und auf 10 mL aufgefüllt.)

4. Protokolliert eure Beobachtungen schriftlich und durch Fotografieren mit einer (Smartphone-) Kamera!
5. Schreibt auf, was die Beobachtungen zu bedeuten haben.
6. Vervollständigt euer Wissen durch das Lesen des Artikels „Maschinengeschirrspülmittel“ auf Wikipedia!
7. Schaut euch zum Thema Tüpfel-Tests auf Youtube das Video CAllgG7xltc über den Erfinder der Tüpfel-Methode Fritz Feigl an (5 min.) Auch wenn ihr kein portugiesisch könnt, ist er durch die Zeichnungen gut verständlich.

Online-Ergänzung Spülmaschinentabs, Arbeitsblatt 3:

Was soll ein Maschinengeschirrspülmittel können?

(Sek. II, ggf. Sek. I,

Zeitbedarf: 1 Stunde, ggf. etwas Vorbereitungszeit)

Namen der Durchführenden:

Hier soll eine Mind-Map oder vergleichbares entworfen werden. Sicherlich wollt ihr alle, dass der Tab den Schmutz entfernen kann. Doch überlegt einmal genauer! Wie sollen Besteck, Tassen, Teller, Töpfe, Gläser hinterher aussehen? Was muss mit Kakao, Kaffee, Tee, Fruchtsaftresten, verkrusteten Fett-, Stärke- und Eiweißresten während des Reinigungsvorganges geschehen? (Verwendet möglichst Begriffe wie lösen, emulgieren, verseifen, hydrolytisch spalten, oxidativ spalten, ...) Welche unerwünschten Begleiterscheinungen sollen vermieden werden? Was könnte mit Metall und Glas passieren, wenn der handelsübliche Tab/ das selbstgemachte Maschinengeschirrspülmittel nicht richtig funktioniert? Versucht möglichst genau zu formulieren und wendet chemische Fachbegriffe an!

Online-Ergänzung Spülmaschinentabs, Arbeitsblatt 4:

(Sek. II, ggf. Sek. I,

Projektarbeit, mehrere Stunden an mehreren Tagen)

Namen der Durchführenden:

Besorgt euch z.B. in der Stadtbibliothek eine Ausgabe des Artikels „Die neue Zitruskraft“, Stiftung Warentest 8/2016, Seite 71-75 und entwerft einen ähnlichen Testbogen mit aktuellen Produkten. Führt dann mit verschiedenen Tabs immer dieselben Tests mit standardisierten Verschmutzungen durch.

Protokolliert eure Ergebnisse a) schriftlich in Tabellenform, b) mit einer (Smartphone-) Kamera!

Online-Ergänzung Spülmaschinentabs, Arbeitsblatt 5,

„Wir stellen selbst Maschinengeschirrspülmittel her!“

(Sek. II, ggf. Sek. I),

Projektarbeit, mehrere Stunden an mehreren Tagen)

Namen der Durchführenden:

Haftungsausschluss: Die Anwendung eines **selbstgemachten** Maschinengeschirrspülmittels **kann** zu irreparablen Schäden an Gläsern, Besteck usw. sowie an der Geschirrspülmaschine führen. Deshalb erfolgt die Anwendung auf eigene Gefahr und darf nur mit Einverständnis der jeweiligen Eigentümer durchgeführt werden.

1. Schaut euch auf www.youtube.de den Beitrag hDzbMlmcF4g an (ca. 5 Minuten) und macht euch dabei Notizen!
2. Was ist die Kernaussage von Minute 0:45 bis 1:05?
3. Wie lautet die vorgeschlagene Rezeptur ab min. 2:50? Berechnet die Kosten und stellt Vergleiche zu handelsüblichen Maschinengeschirrspülmitteln an!
4. Sucht zu den Bestandteilen der Rezeptur die chemischen Formeln (Nachschlagewerke, Internet, Lehrkraft fragen) und vergleicht sie mit der Rezeptur* von Spülmaschinentabs (* auf der Internetseite des Herstellers).
5. Mixt die vorgeschlagene Rezeptur (oder eine andere) zusammen und fragt nach Erlaubnis, sie auszuprobieren (Achtung, Haftungsausschluss beachten!)
6. Warum ist der Titel „Chemiefreier Spülmaschinenreiniger“ unsinnig? Formuliert einen wissenschaftlich korrekten Titel!
7. Notiert eure Ergebnisse, dokumentiert mit einer (Smartphone-) Kamera und stellt alles zusammen in einem Vortrag (oder einem Youtube-Video) vor!